K. Wolff

Untersuchungen über Ultraviolett.

Diss. Tübingen 1913

Untersuchungen im äußersten Ultraviolett.

Inaugural-Dissertation zur
Erlangung der Doktorwürde

einer hohen naturwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Karl Wolff
aus Tübingen.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Sonderabdruck aus den Annalen der Physik. Band 42. 1913.

Von der Fakultät angenommen den 25. Juli 1913.

9. *Untersuchungen im äußersten Ultraviolett; von Karl Wolff.*

(Hierzu Taf. XIII.)

I. Einleitung.

Im Jahre 1911 veröffentlichte Hr. Prof. Paschen eine Arbeit[1]) über die Seriengesetze in den Spektren Zink, Cadmium und Quecksilber. Hier berechnet er aus einer Hauptserie 2,5 $S-mP$ die Wellenlängen einer, im Bogenspektrum obiger Elemente voraussichtlich sehr stark ausgeprägten „eigentlichen Hauptserie" 1,5 $S-mP$ einfacher Linien, welche im äußersten Ultraviolett verläuft. In einer späteren Ergänzung[2]) zu dieser Abhandlung gibt Hr. Prof. Paschen dann eine weitere, bedeutend schwächere Kombinationsserie einfacher Linien an, deren einzelne Glieder als den Gliedern der Hauptserie vorgelagert betrachtet werden können.

Es war nun nach zwei Richtungen hin von Wichtigkeit, zu erfahren, ob diese Serien wirklich unter entsprechenden Bedingungen im Bogen auftreten, und wie sie sich der Intensität nach verhalten: erstens für die Serientheorie und zweitens für die Schaffung von Normalwellenlängen im äußersten Ultraviolett. Wenn die Linien sich wirklich realisieren lassen, so hat man durch sie, da ihre Wellenlängen bis 0,01 AE. sicher sind, Standards im Gebiete der Schumannstrahlen, mit Hilfe derer die Messungen von Lyman[3]) über das Wasserstoffspektrum kontrolliert und berichtigt werden können.

Wohl ist bei Quecksilber die Grundlinie $\lambda = 1849{,}60$ der Hauptserie von Handke[4]) im Luftbogen zu $\lambda = 1850{,}0$ und von Lyman[5]) bei Verunreinigung der Geißlerröhre durch

1) F. Paschen, Ann. d. Phys. **35.** p. 860. 1911.
2) F. Paschen, Ann. d. Phys. **40.** p. 602. 1913.
3) Th. Lyman, Astrophys. Journ. **19.** p. 203. 1904.
4) F. Handke, Untersuchungen im Gebiet der Schumannstrahlen. Berliner Dissert. 1909.
5) Th. Lyman, Astrophys. Journ. p. 106. März 1911.

Hg-Dampf mit $\lambda = 1849{,}6$ gemessen, sonst liegen aber außer den Funkenlinien von Zink, die Handke bis $\lambda = 1632$ mißt, keine weiteren Untersuchungen über diese Metalle in diesem Gebiet vor. Schumannn[1]) hat die Funkenspektren nur photographiert, nicht gemessen. Da die gesuchten Linien im Flaschenfunken, selbst wenn Selbstinduktion im Schwingungskreis liegt, nicht einmal angedeutet erscheinen, so darf mit Sicherheit angenommen werden, daß dieselben bis jetzt noch unbekannt sind.

Durch vorliegende Arbeit soll nun der Beweis erbracht werden, daß diese vorhergesagten Linien wirklich, und zwar äußert stark ausgebildet sind, und die Lymanschen Wasserstoffmessungen einer Kontrolle unterzogen werden.

II. Versuchsanordnung.

An Spektrographen standen zur Verfügung:

1. ein Vakuumprismenspektrograph mit Fluoritoptik nach V. Schumann,
2. ein Vakuumgitterapparat mit Fluorit-Beugungsgitter nach Kurlbaum.

Der Gitterapparat ist derselbe, mit welchem H. Morris-Airy[2]) die Wellenlängen einiger Aluminiumlinien gemessen hat. Seine Resultate entsprachen jedoch keinesfalls der Wirklichkeit, wie spätere Untersuchungen von Handke[3]) und Lyman[4]) bewiesen haben. Die Abweichungen mögen wohl auf mangelhafte Justierung des Apparates zurückzuführen sein, da Verfasser bei einer orientierenden Bestimmung der Aluminiumlinie, die Handke und Lyman zu $\lambda = 1671{,}05$ bzw. 1670,6 angeben, den Wert 1670 erhielt. Da das Arbeiten mit diesem Apparat sich jedoch äußerst schwierig und langwierig gestaltet, und die Genauigkeit wegen der kleinen Dispersion sehr zu wünschen übrig läßt, wurden die eigentlichen Messungen mit dem in dieser Beziehung weit vorteilhafteren, und dazu noch bedeutend lichtstärkeren Prismenapparat ausgeführt.

Der Prismenspektrograph, von R. Fuess in Berlin-Steglitz

1) V. Schumann, Wiener Anzeiger p. 24. 1895.
2) H. Morris-Airy, Proc. Manch. Soc. 49. p. 1—9. 1904/05.
3) F. Handke, l. c.
4) Th. Lyman, Astrophys. Journ. 35. p. 341. 1912.

hergestellt und von C. Leiss[1]) beschrieben, besitzt zwei Linsen aus wasserhellem Flußspat mit einer Brennweite von 150 mm für Natriumlicht und 16 mm Öffnung, sowie ein 60° Fluoritprisma von Zeiss.

Ein weiterer Satz Linsen mit einer Fokaldistanz von 122 mm für Na-Licht gestattete bei den verschiedenen Fokusierungen immer die günstigste Kombination auszuwählen, d. h. die Kameralinse immer möglichst nahe am Prisma zu lassen.

Eine besondere Schwierigkeit bot das Dichten des ganzen Apparates. Obwohl die Schliffflächen tadellos in Ordnung waren, wollte es anfangs nicht gelingen, den Apparat bis auf Röntgenvakuum zu bringen. Durch systematische Untersuchungen stellte sich dann heraus, daß der Fehler hauptsächlich an der schlechten Beschaffenheit des zum Hauptkonus verwandten Bronzegusses lag. Dieses Gußstück wies, wie auch der Kameratubus, zahlreiche, äußerst feine Gußporen auf, die nur durch Auskochen des ganzen Apparates in flüssigem Paraffin unter gleichzeitigem Evakuieren geschlossen werden konnten. Hierdurch war der Apparat jedoch sehr empfindlich gegen starke Temperaturschwankungen, da sich die Paraffinpfropfen dann wohl infolge ungleicher Wärmeausdehnung lockerten. Nur vollständiges Auseinandernehmen des Apparates und frisches Auskochen konnte den Übelstand beheben.

Zum Fetten der großen Konen erwies sich nach verschiedenen Proben Travers Gummifett[2]) als vorzüglich geeignet, wenn als Gummi reiner, entsandeter Rohgummi (von Metzeler-München) verwandt wurde. Mit diesem Fett blieben die Schliffflächen stets dicht, und hauptsächlich immer leicht beweglich. Ein Zersetzen des Fettes, wie solches bei gewöhnlichem weißen Luftpumpenfett auf Metallflächen eintritt, konnte nicht festgestellt werden.

Zum Evakuieren des Apparates diente ein Luftpumpenaggregat nach Dr. Gaede. Der Grad der Luftverdünnung wurde an einem an die Luftpumpenleitung angeblasenen Geißlerrohr beobachtet. Der Apparat wurde stets so weit evakuiert, bis die Geißlerröhre keine Entladung mehr zeigte. Als Verbindungen

1) C. Leiss, Zeitschr. f. Instrumentenk. p. 357. Dezember 1897.
2) Travers, Experim. Untersuchungen v. Gasen p. 24. 1905.

zwischen Apparat und Luftpumpe waren nur Glasröhren verwandt, die entweder zusammengeblasen oder mit Schliffen verbunden wurden.

Wenn die Feuchtigkeit im Apparat durch Phosphorpentoxyd genügend absorbiert war, und keine allzugroßen Temperaturschwankungen eintraten, gelang es, den Apparat wochenlang auf vollständiger Dunkelentladung zu halten.

Justiert wurde der Apparat nach den Angaben von Schumann, vom fluoreszenzerregenden Teil des Aluminiumspektrums ausgehend. Zu diesem Zweck wurde an Stelle der Kamera ein Rohrstutzen an den Kameratubus angeschraubt, der unter einer Neigung von ca. 25° zur Rohrachse eine aufgekittete Glasplatte trug, die auf der Innenseite mit Willemit bestäubt war. Es zeigte sich, daß Willemit sehr kräftig bis $\lambda = 1743$ fluoresziert. Die Abmessungen des Rohrstutzens waren so getroffen, daß Willemitschicht und die Schicht der photographischen Platte in der Kamera von der Kameralinse gleichen Abstand hatten. Nach Evakuieren des Spektrographen erfolgte dann die Scharfstellung nach dem Fluorezsenzbild auf der Willemitplatte. Die endgültige Feinfokusierung geschah auf photographischem Wege. Vom $\lambda = 1670$ ab erfolgte die Justierung nur photographisch mittels Wasserstoff-Geißlerröhre. Die Einstellungen der Linsen, Kamerastellung und Plattenneigung wurden vor jeder Aufnahme zu Meßzwecken durch einige Fokusierungsaufnahmen kontrolliert und nötigenfalls berichtigt.

Als Lichtquelle dienten bei der Untersuchung von Zink und Cadmium Quarzglas-Bogenlampen *A* (Fig. 1) nach Stark und Küch[1]) von W. C. Heraeus-Hanau.

Dieselben hatten ein seitliches Beobachtungsrohr *b* von 10 cm Länge und waren unter Zwischenschaltung einer Geradsicht-Geißlerröhre mit dem Spaltverschlußdeckel *k* luftdicht verkittet. Abgeschlossen wurde das Ganze gegen den Spektrographen hin durch ein Fluoritfenster *f*. Die Geißlerröhre *a* diente als Vergleichslichtquelle zur Erzeugung des Schumannschen Wasserstoffspektrums. Sie besaß Zylinderelektroden *ee* und eine kurze Kapillare *c*. Die lichte Weite der Kapillaren

1) Stark und Küch, Phys. Zeitschr. **6**. p. 438. 1905.

war so gewählt, daß das Lichtbündel, das von der Leuchtröhre der Lampe kommt, durch dieselbe keine Einschnürung erfährt. Zur Kondensation der sich entwickelnden Metalldämpfe war das Rohr *b* von einem Kühlmantel *d* umgeben, der von kaltem Wasser durchströmt wurde. Zur Regulierung der Belichtungszeit, und um zu verhindern, daß beim Einbrennen der Lampe mit starkem Strom, Metalldämpfe in die Geißlerröhre und an das Fluoritfenster gelangen, war in die Röhre *b* eine Klappe *g* aus Eisenblech eingesetzt, welche von außen durch einen Elektromagneten geöffnet oder geschlossen werden konnte.

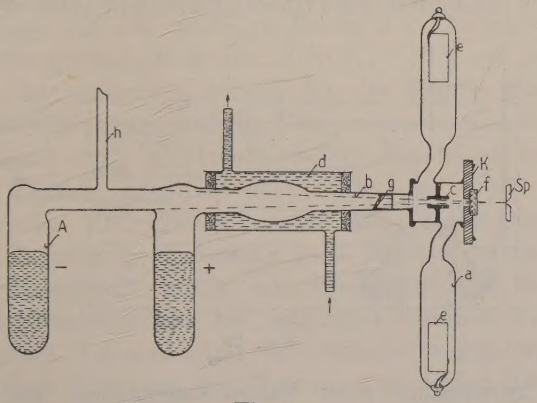


Fig. 1.

Lampe und Geißlerröhre waren so auf den Spaltverschlußdeckel *k* aufgekittet, daß ein Zentrierstift, der in die Bohrung des Deckels paßte, die Kapillare *c* der Geißlerröhre, die Öffnung der Klappe *g* und die Leuchtröhe der Lampe *A* genau zentrisch durchsetzte, so daß volle Lichtausbeute gewährleistet war. Durch die zentrische Bearbeitung des Deckels *k* auf der Drehbank, fiel dann die Mittellinie der Leuchtröhe von selbst in die optische Achse des Kollimators.

Das Ganze stand mittels der Ansatzröhre *h* der Lampe mit der Pumpe und dem Wasserstoff-Entwickelapparat in Verbindung.

Der Wasserstoff wurde elektrolytisch aus ausgekochter, chemisch reiner, verdünnter Schwefelsäure bei möglichst schwachem Strom entwickelt, und im Vorratsgefäß über Phosphorpentoxyd getrocknet.

Wenn der Aluminiumfunken als Vergleichslichtquelle benötigt wurde, so wurde die Beobachtungsröhre *b* durch eine Quarzplatte verschlossen, und ein anderer Spaltdeckel, der ebenfalls eine Quarzplatte als Verschluß trug, vorgesetzt. So konnte dann zwischen Lampe und Spaltverschlußdeckel ein Aluminiumfunken eingeschoben werden.

Zur Erzeugung des Quecksilberspektrums wurden zuerst Versuche an Geißlerröhren mit Quecksilberelektroden unternommen, welche aber zu keinem Erfolg führten, da die Lichtintensität zu gering war und das Verschlußfenster sehr bald durch sich kondensierenden Quecksilberdampf beschlagen wurde.

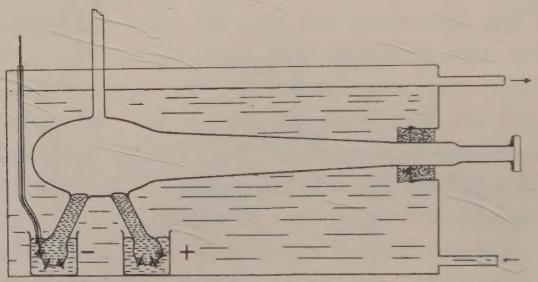


Fig. 2.

Die Anwendung einer Vakuumbogenlampe aus Glas mit Wasserkühlung (Fig. 2) beseitigte diese Übelstände, da der Quecksilberdampf auf dem langen Wege vom Bogen bis zum Fenster vollständig kondensiert wurde, und dann vermöge der konischen Form der Lampe als Tropfen wieder in die Polgefäße zurückrollte. Mit dieser Lampe war es möglich Daueraufnahmen bis zu 6 Stunden zu machen, ohne daß das Verschlußfenster beschlagen worden wäre.

Die Stromzuführung zu den Polgefäßen erfolgte durch eingeschmolzene Platindrähte, die ihrerseits wieder in Quecksilbernäpfe eintauchten. Um eine Elektrolyse an den Quecksilbernäpfen zu verhindern, war das Quecksilber mit einer Schicht Schwefelkohlenstoff überschichtet. Wenn gegen Wasserstoff photographiert wurde, so wurde die Lampe genau wie die Quarzlampen vor die Geißlerröhre gekittet.

Sämtliche Lampen wurden mit einem kleinen Induktorium gezündet und mit 220 Volt Gleichstrom betrieben. Es mußten

bei Zink und Cadmium besondere Bedingungen ausprobiert werden, da bei zu starkem Strom, d. h. zu großem Dampfdruck, die Intensität der Linien wohl durch Selbstabsorption rasch abnahm, hingegen bei schwachem Strom und geringem Dampfdruck eine Menge anderer Linien auftraten, die wohl als Funkenlinien, herrührend vom Kathodenlicht, anzusehen sind. Es gelang jedoch, die reinen Bogenlinien zu isolieren, da sie bei ganz bestimmter Stromstärke noch genügend hell waren, während die Funkenlinien noch nicht auftraten.

Die Präparation der photographischen Platten erfolgte nach dem von Schumann[1]) angegebenen Verfahren. Der Guß erfolgte auf alte photographische 9×12-Platten, welche dann in die gewünschte Größe, d. h. $37 \times 17{,}5$ mm geschnitten wurden. Als besonders wichtig für die spätere Empfindlichkeit stellte sich heraus, daß die Temperatur der Dunkelkammer, hauptsächlich beim Absitzenlassen der Emulsion, sowie beim Guß der Platten, möglichst hoch, d. h. nicht unter 25^0 C gehalten wurde. Die Platten wurden auf Vorrat gegossen und vor der Benutzung mindestens 1—2 Monate gelagert um zu reifen. Entwickelt wurde mit Pyrogallol und Soda unter leichtem Bromkalizusatz bei möglichst niederer Temperatur. Der leichten Verletzlichkeit der Schicht wegen wurden die Platten nach Fixierung und Trocknen an beiden Rändern mit Papierstreifchen beklebt und mit einer Deckplatte versehen. Selbst Platten die über 1 Jahr alt waren lieferten mir noch tadellos klare, durchgearbeitete Photogramme.

III. Meßmethode.

Sämtliche Linien wurden gegen Aluminium oder Wasserstoff durch Verschieben des Längenspaltes, der als Spaltblende diente, photographiert. Die Platte blieb während zweier Aufnahmen unberührt an derselben Stelle. Als Normalen dienten von $\lambda = 1990$ bis $\lambda = 1854$ die von C. Runge[2]) und Eder und Valenta[3]) bestimmten Aluminiumlinien, und hieran anschließend die Lymanschen Werte[4]) der Aluminiumlinien.

1) V. Schumann, Ann. d. Phys. **5**. p. 349. 1901.
2) C. Runge, Wied. Ann. **55**. p. 44. 1895.
3) J. M. Eder u. E. Valenta, Wiener Denkschr. **68**. p. 541. 1900.
4) Th. Lyman, Astrophys. Journ. **35**. p. 341. 1912.

Von $\lambda = 1670$ ab liegen den Messungen die Lymanschen Werte[1]) des Schumannschen Wasserspektrums zugrunde.

Ausgemessen wurden die Spektrogramme auf einem Zeißschen Komparator, welcher 0,0001 mm noch zu schätzen gestattet. Die Interpolation der unbekannten Linien zwischen den Normalen geschah zwischen $\lambda = 1990$ und 1670 in erster Näherung geradlinig. Der hierbei gemachte Fehler wurde aus den Normalen ermittelt und auf graphischem Wege für die vorher berechneten Linien bestimmt. In diesem Gebiet beträgt der mögliche Fehler im Maximum 0,1 AE. Unter 1670 könnte bei genauer Kenntnis der Normalen 0,01 AE. noch erhalten werden. Die Interpolation zwischen den Wasserstofflinien konnte geradlinig erfolgen. Als Normalen wurden immer die nächst benachbarten Wasserstofflinien gewählt. Sämtliche Wellenlängen sind Mittelwerte aus mindestens zwei identischen Aufnahmen. Wo eine Linie nur einmal photographiert, bzw. gemessen werden konnte, ist dieselbe mit einem Stern gekennzeichnet.

Als Probe über die erreichte Meßgenauigkeit mögen folgende Zahlen, die als Stichprobe aus dem Beobachtungsprotokoll entnommen sind, dienen.

Ablesungen am Komparator	Mittel	λ_{Lyman}	$\lambda_{\text{berechnet}}$
48,1173			
80			
72	48,1177	1633,70	
81			
47,9464			
60			
61	47,9462		1632,11
62			
47,5514			
11			
16	47,5514	1628,50	
14			

Weitere Messungen ergaben 1632,11 und 1632,12.

1) Th. Lyman, Astrophys. Journ. 19. p. 203. 1904.

IV. Wellenlängen der neuen ultravioletten Linien.

1. Zink.

Tabelle I.

Platten: 92, 93, 94, 95, 95a.

J	$\lambda_{vak.}$	J	$\lambda_{vak.}$
5	1649,87	2	1476,01
4	1632,11	3	1474,67
4	1601,09	8	1457,56
10	1589,76	1	1450,82
5	1486,20	4	1404,19
		2	1376,87

Die schwächsten Linien sind mit $J = 1$ bezeichnet.

Die von Hrn. Prof. Paschen berechneten Linien sind nach seiner Aufstellung folgende:

Hauptserie einfacher Linien 1,5 $S-mP$.

$m =$	3	4	5	6
$\lambda_{ber.}$	1589,64	1457,64	1404,18	1376,97
$\lambda_{beob.}$	1589,76	1457,56	1404,19	1376,87
$\lambda_{ber.-beob.}$	−0,12	+0,08	−0,01	+0,10

Kombination mit dem Tripletsystem: 1,5 $S-mp_2$.

$m =$	3
$\lambda_{ber.}$	1632,08
$\lambda_{beob.}$	1632,11
$\lambda_{ber.-beob.}$	−0,03

Von den zahlreichen Linien, die Handke im Funken bei Zink zwischen $\lambda = 1987$ und 1632 gemessen hat, konnte Verfasser selbst bei längster Belichtung im Bogenspektrum nichts finden. Auch konnte das Glied $m = 4$ der Serie vorgelagerter Linien 1,5 $S-mp_2$ d. h. $\lambda = 1468{,}90$ selbst bei längster Exposition nicht erhalten werden, obwohl $m = 3$, $\lambda = 1632{,}09$ noch ziemlich kräftig erscheint. Es ist also, wie auch Hr. Prof. Paschen vermutet, ein sehr rasches Abklingen der Linien vorhanden.

2. Cadmium.

Die beiden von Eder und Valenta[1]) im Funken bestimmten Linien $\lambda_{vak.}$ 1995,7 und 1943,5 sind nicht identisch

1) J. M. Eder u. E. Valenta, Wiener Denkschr. 68. p. 541. 1900.

Tabelle II.

Platten: 65, 66, 67, 68, 75, 76, 78, 80, 81a, 105.

J	$\lambda_{vak.}$	J	$\lambda_{vak.}$
1*	1993,07	2	1647,78
6	1942,29	1	1571,40
3	1710,51	1*	1537,83
2	1688,58	8	1526,85
1	1682,12	6	1469,39
10	1669,29	3	1440,18
		1*	1423,23

mit den Bogenlinien 1993,07 und 1942,29 da die entsprechenden Funkenlinien vom Verfasser mit $\lambda = 1995{,}52$ und 1943.38 gegen Aluminium gemessen wurden. Cadmium $\lambda = 1942{,}29$ ist ebenfalls nicht identisch mit der starken Quecksilberlinie $\lambda = 1942{,}52$, da von den ultravioletten Linien des Quecksilbers keine auftritt, obwohl der Bogen im sichtbaren Teil das Hg-Spektrum schwach zeigt. Übrigens müßte sie dann auch im Zink vertreten sein.

Die Abweichungen der Berechnungen und Beobachtungen ergaben sich wie folgt:

Hauptserie 1,5 $S - mP$.

$m =$	3	4	5	6	7
$\lambda_{ber.}$	1669,30	1526,73	1469,35	1440,15	1423,22
$\lambda_{beob.}$	1669,29	1526,85	1469,39	1440,18	1423,23
$\lambda_{ber.-beob.}$	+0,01	−0,12	−0,04	−0,03	−0,01

Kombinationsserie 1,5 $S - mp_2$.

$m =$	3	4
$\lambda_{ber.}$	1710,58	1537,89
$\lambda_{beob.}$	1710,51	1537,83
$\lambda_{ber.-beob.}$	+0,07	+0,06

Bei Cadmium war die Isolierung der Bogenlinien am schwierigsten durchzuführen, da selbst bei genügender Stromstärke flüssiges Cadmium an der Kathode emporgeschleudert wurde und oben im Polgefäß erstarrte. War die Schicht genügend stark, so kletterte das negative Glimmlicht an derselben in die Höhe und brachte sie wieder zum Verdampfen. Dieses Verdampfen war jedesmal von einem intensiv blauen Aufleuchten und dem Auftreten zahlreicher Linien im Ultra-

violett begleitet, welche somit wohl dem Kathodenlicht zuzuschreiben sind.

Beachtenswert sind die beiden starken Linien $\lambda = 1414{,}14$ und 1411,78, die anfangs in der Cadmiumlampe auftraten. Da sie jedoch nach und nach verschwanden, sind sie wohl einer Verunreinigung zuzuschreiben.

3. Quecksilber.

Tabelle III.

Platten: 81, 81b, 82, 83, 84, 84a, 85, 106.

J	λ gemessen	Handke	Stark [1]) Bogen	Lehmann u. Straubel [2]) Geißlerrohr	Huff [3]) Geißlerrohr	Lyman
8	2053,7*		2054,41	2055,14		
5	2028,3*		2028,00	2028,34		
2	2002,9*	2004,1	2002,87		2002,23	
1	1988,07			1987,93		
5	1973,98	1972,6	1972,99	1973,73		
4	1973,02					
10	1942,52	1942,1	1942,37	1942,3		
20	1849,57	1850,0				1849,6

* Bei der Messung extrapoliert.

J	$\lambda_{vak.}$	J	$\lambda_{vak.}$
2	1832,60	5	1672,25
2	1774,95	8	1650,17
2	1675,55	2	1435,63
		4	1402,72

Von den Linien anderer Autoren sind nur die zum Vergleich herangezogen, welche auch Verfasser im Bogen gefunden hat.

Hauptserie einfacher Linien 1,5 $S-mP$.

$m=$	2	3
$\lambda_{ber.}$	1849,60	1402,71
$\lambda_{beob.}$	1849,57	1402,72
$\lambda_{ber.-beob.}$	+ 0,03	− 0,01

1) J. Stark u. S. Kinoshita, Ann. d. Phys. 21. p. 470. 1906.
2) Lehmann u. Straubel, Ann. d. Phys. 7. p. 909. 1902.
3) W. B. Huff, Astrophys. Journ. 12. p. 103. 1900.

Serie vorgelagerter Linien 1,5 $S-mp_2$.

m	3
$\lambda_{ber.}$	1435,59
$\lambda_{beob.}$	1435,63
$\lambda_{ber.-beob.}$	− 0,04

Bei Quecksilber war es nicht möglich Aufschluß über den Term $m = 4$ der Hauptserie, $\lambda = 1268{,}9$ zu erhalten. Obwohl die Fluoritoptik des Apparates die Wasserstofflinie $\lambda = 1266$ noch gut durchläßt, erhielt man selbst bei 6stündiger Belichtung keine Spur einer Quecksilberlinie unterhalb 1402,7. Da diese Linie selbst, verglichen mit 1849 ungewöhnlich schwach erscheint (Beleuchtungszeiten $^1/_{10}$ Sekunde und 2 Stunden) muß wohl Selbstabsorption der Linien auf dem langen Wege zwischen Lichtbogen und Fenster der Lampe angenommen werden.

V. Korrektionen der Lymanschen Werte einiger Wasserstofflinien auf Grund der berechneten Serienlinien.

Da die berechneten Serienlinien sich mit einer Genauigkeit von 0,01 AE. angeben lassen, lag der Gedanke nahe, die Lymanschen Wasserstofflinien, deren Fehlergrenze nach Lyman selbst 0,2 AE. betragen soll, nach den Metallinien zu korrigieren. Wie die Abweichungen zeigen, sind jedoch die Lymanschen Werte ziemlich genau. Die zweite Dezimale wurde erhalten, indem an die Werte von Lyman in der zweiten Dezimalen eine Null angefügt wurde, unter der Annahme, diese Stelle sei auch noch verbürgt. Die Differenzen, die sich dann bei den gemessenen gegenüber den berechneten Wellenlängen ergaben, wurden dann an den betreffenden Wasserstofflinien als Korrektionen angebracht. Hierdurch gelang es, die Wasserstofflinien bis auf wenige Einheiten der zweiten Dezimalen festzulegen.

Ein weiterer beachtenswerter Punkt ist die Abweichung der Messungen von Handke und Lyman, insbesondere bei der Aluminiumlinie $\lambda = 1670$. Diese Linie mißt Handke gegen die Lymanschen Wasserstofflinien als Normalen zu $\lambda = 1671{,}05$, während Lyman dieselbe später direkt aus seiner Methode zu 1670,6 bestimmt. Verfasser hat nun die Handkesche Messung mehreremals wiederholt und den Wert 1670,98, also einen Wert, der annähernd mit dem Handkeschen über-

einstimmt. Setzt man die Lymanschen Wasserstofflinien als richtig voraus, so hätte die Lymansche Aluminiumlinie einen Fehler von — 0,38 AE. Daß nun dieser Fehler in der Tat vorhanden ist, beweist folgendes: Mißt man die Linie Cadmium $\lambda_{ber.}$ 1669,30 gegen Aluminium indem man den Lymanschen Wert 1670,6 annimmt, so ergibt sich für diese Linie $\lambda = 1668.91$, während man mit den Wasserstoffnormalen, annähernd den richtigen Wert $\lambda = 1669{,}29$ erhält, somit wieder obige Differenz von — 0,38 AE.

Berechnet man nach diesem die Korrektion für die in Betracht kommenden Wasserstofflinien, so erhält man folgende Werte:

Tabelle IV.

λ_{Lyman}	$\lambda_{korrigiert}$	λ_{Lyman}	$\lambda_{korrigiert}$
1671,60	1671,61	1457,40	1457,48
1667,40	1667,41	1441,00	1440,97
1633,70	1633,67	1436,30	1436,27
1628,50	1628,47	1435,20	1435,16
1591,50	1591,38	1426,80	1426,79
1589,00	1588,88	1420,30	1420,29
1539,20	1539,26	1404,30	1404,29
1537,50	1537,56	1402,80	1402,79
1527,50	1527,38	1402,00	1401,99
1525,40	1525,28	1377,20	1377,30
1473,90	1473,86	1376,10	1376,2
1468,60	1468,56		
1458,40	1458,48		

VI. Kohlenspektrum zwischen 1931 und 1647.

Anläßlich der Untersuchung von Helium im Schumanngebiet wurde die Aufmerksamkeit auf einige starke Linien gelenkt, die als einzige in diesem Gebiet auftraten. Da dieselben jedoch auch in der Wasserstoffröhre bei kondensierter Entladung auftreten, so war anzunehmen, daß diese Linien nicht Helium angehören, sondern einer gemeinsamen Verunreinigung.

Die Wellenlängen sind folgende:

Tabelle V.

Platten: 102, 110, 111, 112.

J	$\lambda_{vak.}$	J	$\lambda_{vak.}$
8	1931,05	6	1656,44
1	1826,30	10	1654,96
2	1820,47	5	1653,94
3	1807,39		

Diese Linien stellten sich sämtlich als Kohlenlinien heraus, da sie sowohl im Kohlenbogen im Vakuum, als auch im Funken zwischen Kohlenspitzen auftreten. Die Linie $\lambda = 1931{,}05$ koinzidiert genau mit der von Eder und Valenta[1]) gemessenen Aluminiumlinie. Schon Schumann hatte erkannt, daß diese Linie wohl nicht dem Aluminium angehöre und schrieb sie dem Silicium zu. Eder und Valenta konnten sie jedoch bei einer Silicium–Kupferlegierung nicht erhalten und so führen sie die Linie unter Aluminium weiter. Vergleichende Versuche wurden mit Silicium angestellt, und es zeigte sich, daß hier im Funken zwischen zwei Siliciumkristallen die Linie $\lambda = 1931{,}05$ nur ganz schwach auftrat. Die starke Linie $\lambda = 1654{,}96$ hat auch Lyman auf seinen Spektrogrammen[2]) und dieselbe richtig als Kohlenlinie erkannt. Da dieselbe jedoch sehr schwach ausgeprägt ist, konnten die beiden anderen Linien $\lambda = 1656{,}44$ und 1653,94 wohl nicht mehr von ihm erkannt werden.

Bei der Untersuchung des Siliciumfunkens zeigte sich ein ganz auffallend starkes Hervortreten der beiden Linien $\lambda = 1745{,}3$ und 1742,7, die sowohl im Aluminiumfunken wie auch bei Kohle und verschiedenen anderen Elementen auftreten. Lyman[2]) schreibt diese Linien dem Stickstoff zu. Da dieselben jedoch im Siliciumfunken als einzige charakteristische Linien in diesem Gebiet, und zwar relativ zu Kohle und Aluminium äußerst intensiv hervortreten, dürfte wohl anzunehmen sein, daß diese Linien dem Silicium angehören.

1) J. M. Eder u. E. Valenta, l. c. p. 533.
2) Th. Lyman, Astrophys. Journ. **35.** p. 341. 1912.

VII. Schluß.

Die Ergebnisse vorliegender Arbeit sind folgende:

1. Es ist ein neuer Typ einer Quarzglaslampe ausgearbeitet worden, die es ermöglicht, verschiedene Metallbogen über die Durchlässigkeit des Quarzes hinaus spektroskopisch zu untersuchen.

2. Es sind die Bogenspektren von Zink, Cadmium und Quecksilber bis zur Durchlässigkeitsgrenze des Flußspats herab untersucht worden.

3. Durch Auffinden der von Hrn. Prof. Paschen berechneten Serienlinien ist die richtige Einreihung der fraglichen Linien, hauptsächlich bei Quecksilber, bewiesen.

4. Auf Grund der berechneten Werte der Serienlinien war es möglich einige Wasserstofflinien bis auf einige Einheiten der zweiten Dezimalen sicherzustellen.

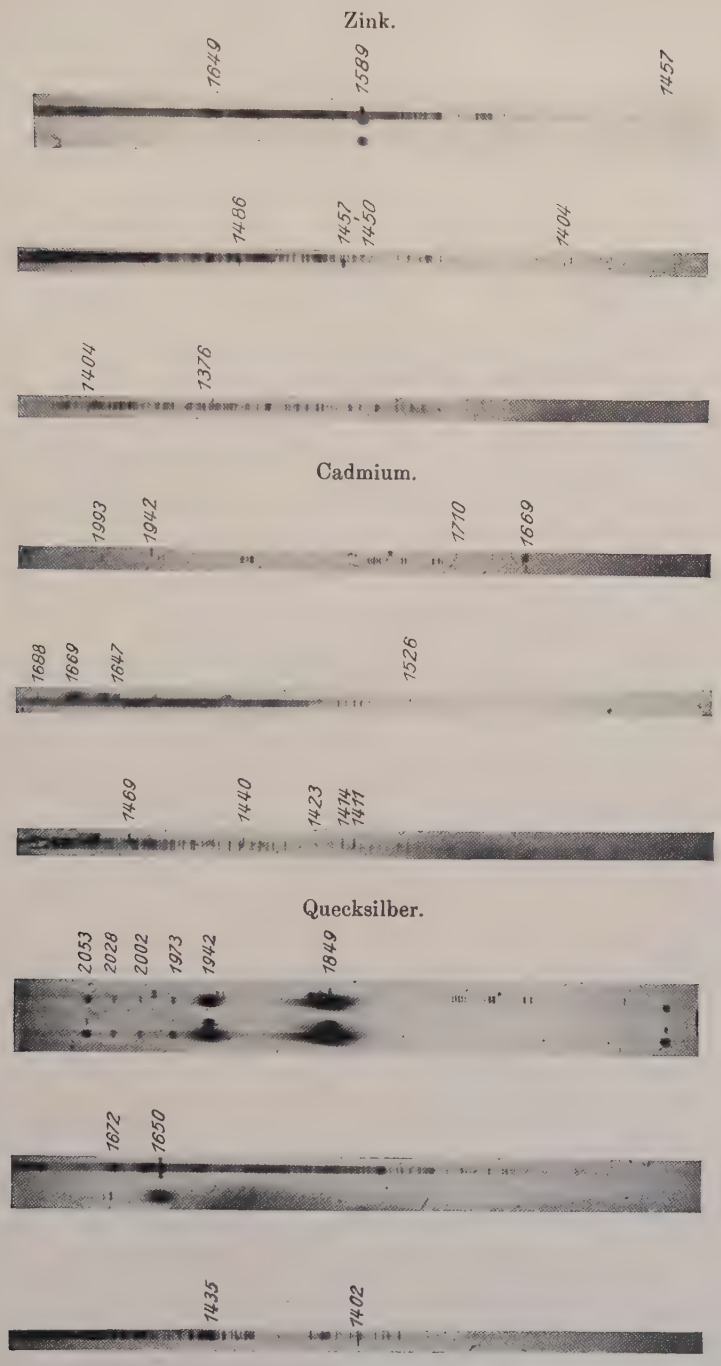
5. Durch Untersuchung von Kohle und Silicium wurden verschiedene neue Kohlenlinien gemessen und einige strittige Linien mit ziemlicher Sicherheit dem richtigen Element zugeteilt. Ferner ergab sich in Übereinstimmung mit Lyman, daß Helium im Gebiet zwischen $\lambda = 1850$ und 1402 keine Linien aufweist.

Vorliegende Arbeit wurde am hiesigen Physikalischen Institut von Weihnachten 1911 bis Ostern 1913 ausgeführt.

Dem Vorstand des Instituts, Hrn. Prof. Paschen, bin ich für die Überlassung der äußerst wertvollen Apparate, sowie für die mir zuteil gewordene Anregung und Unterstützung zu größtem Dank verpflichtet.

Tübingen, Physikal. Institut, Juli 1913.

(Eingegangen 29. Juli 1913.)


Zink.
7649
7589
7457
1486
7457
7450
7404
7404
7376
Cadmium.
1993
1942
1710
1669
1688
1689
1647
1526
1469
1440
1423
1474
1471
Quecksilber.
2053
2028
2002
1973
1942
1849
1872
1650
1435
1402

K. Wolff.